

POWERED BY **Dialog**

**Humidity control system for fuel cell stack used in vehicle, has bypass line containing valve, which bypasses humidifier whose inlet and outlet are connected to gas supply and humidity sensor, respectively**

**Patent Assignee:** CLINGERMAN B J; GENERAL MOTORS CORP; HORTOP M K; WHEAT W S

**Inventors:** CLINGERMAN B J; HORTOP M K; WHEAT W S

**Patent Family (4 patents, 3 countries)**

Patent Number	Kind	Date	Application Number	Kind	Date	Update	Type
US 20020164509	A1	20021107	US 2001848509	A	20010503	200310	B
DE 10219626	A1	20021114	DE 10219626	A	20020502	200310	E
JP 2002343389	A	20021129	JP 2002131554	A	20020507	200310	E
US 6884534	B2	20050426	US 2001848509	A	20010503	200528	E

**Priority Application Number (Number Kind Date):** US 2001848509 A 20010503

**Patent Details**

Patent Number	Kind	Language	Pages	Drawings	Filing Notes
US 20020164509	A1	EN	10	5	
JP 2002343389	A	JA	8		

**Alerting Abstract:** US A1

**NOVELTY** - The inlet and outlet of a humidifier (54) are connected to a gas supply (60) and a humidity sensor (78) whose output is connected to a fuel cell stack (56) and a controller (90). A bypass line (80) containing a valve (84), bypasses the humidifier. The controller receives a signal indicating the relative humidity of gas exiting the humidifier from the sensor and controls the valve accordingly.

**USE** - For controlling humidity of individual fuel cell or stack of fuel cells used in vehicles as a replacement for internal combustion engine.

**ADVANTAGE** - By bypassing the gas around the humidifier, the relative humidity levels of the gases are controlled efficiently, amount of make-up water that is required throughout the fuel cell system is reduced and the fuel cell is operated efficiently to produce maximum amount of electricity. Also allows lower flow rates through the humidifier and increases the flexibility in humidifier design, thereby facilitating production of smaller and inexpensive humidifiers.

**DESCRIPTION OF DRAWINGS** - The figure shows the block diagram of the humidity control system.

54 Humidifier

56 Fuel cell stack

60 Gas supply

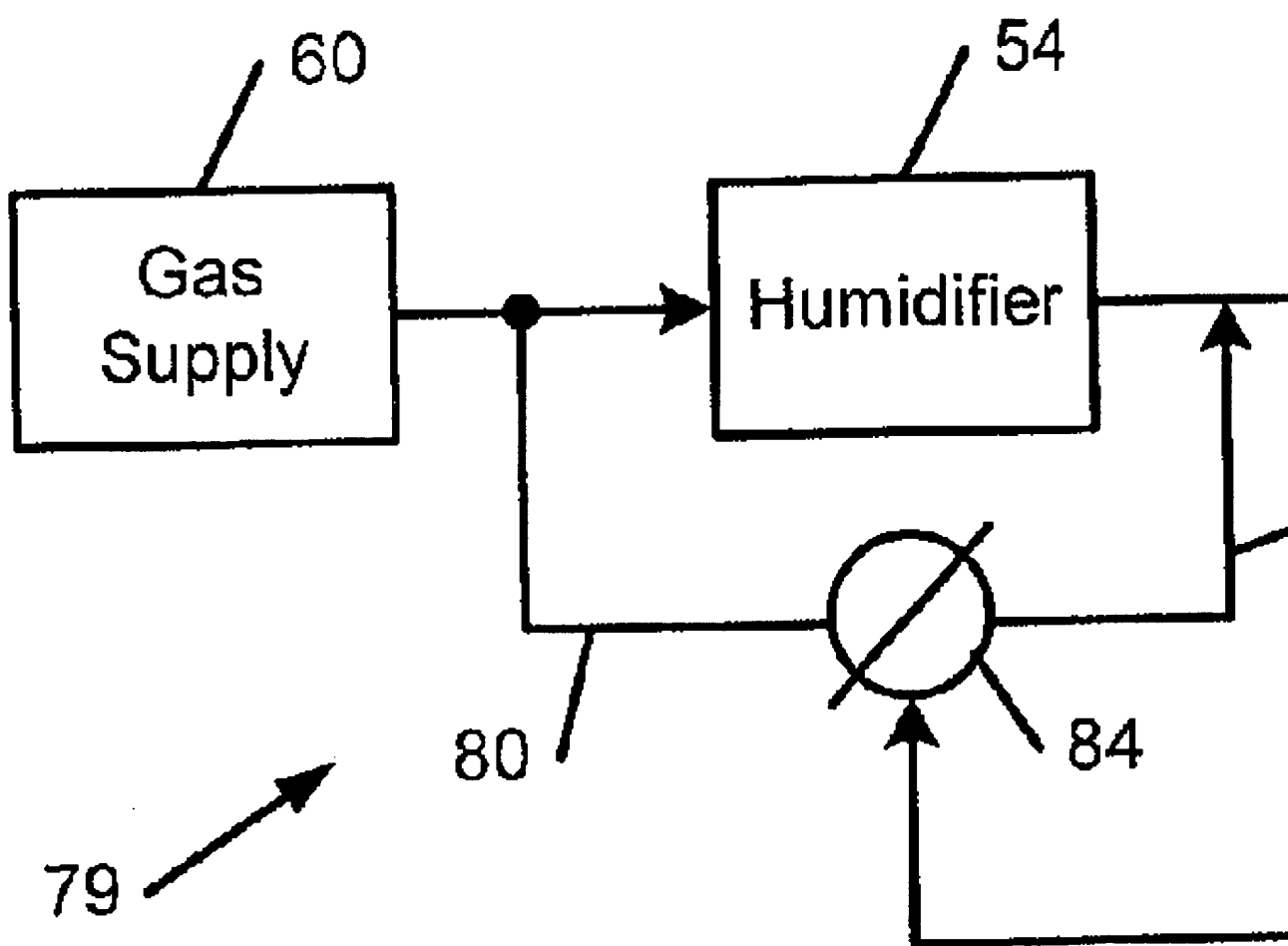
78 Humidity sensor

80 Bypass line

84 Valve

90 Controller

Main Drawing Sheet(s) or Clipped Structure(s)



**International Classification (Main):** H01M-008/04 **(Additional/Secondary):** H01M-008/10  
**US Classification, Issued:** 429022000, 429026000, 429024000, 429013000, 429026000

**Original Publication Data by Authority****Germany**

Publication Number: DE 10219626 A1 (Update 200310 E)

Publication Date: 20021114

**\*\*Elektronische Steuerung zur Umleitung von Gas um den Befeuchter zu dem Brennstoffzellenstapel\*\***

Assignee: General Motors Corporation, Detroit, Mich., US (GENK)

Inventor: Wheat, William S., Rochester, N.Y., US Clingerman, Bruce J., Palmyra, N.Y., US Hortop, Matt K., Rochester, N.Y., US

Agent: Manitz, Finsterwald Partner GbR, 80336 Munchen

Language: DE

Application: DE 10219626 A 20020502 (Local application)

Priority: US 2001848509 A 20010503

Original IPC: H01M-8/04(A)

Current IPC: H01M-8/04(A)

Original Abstract: Ein Feuchtigkeitssteuersystem für einen Brennstoffzellenstapel umfasst eine Gasversorgung und einen Befeuchter, der einen Auslass und einen Einlass umfasst, der mit der Gasversorgung verbunden ist. Ein Brennstoffzellenstapel umfasst einen Einlass, der mit dem Auslass des Befeuchters verbunden ist. Eine Bypassleitung und ein Ventil führen Gas um den Befeuchter herum, um die Befeuchtung von Gas, das in den Brennstoffzellenstapel eintritt, zu steuern. Das Ventil ist in der Bypassleitung zwischen der Gasversorgung und dem Befeuchter oder zwischen dem Befeuchter und dem Brennstoffzellenstapel angeordnet. Das Ventil ist ein Gasbegrenzungsventil, ein Drosselventil, eine Drosselklappe oder ein Wegeventil. Ein Feuchtigkeitssensor erzeugt ein Feuchtigkeitssignal auf Grundlage der Feuchtigkeit von in den Brennstoffzellenstapel eintretendem Gas. Eine Steuerung, die mit dem Feuchtigkeitssensor und dem Ventil verbunden ist, steuert das Ventil auf Grundlage des Feuchtigkeitssignals. Der Einlass des Brennstoffzellenstapels ist eine Kathodenstromungsleitung oder eine Anodenstromungsleitung des Brennstoffzellenstapels.

Claim: 1. Feuchtigkeitssteuersystem für einen Brennstoffzellenstapel mit: \* einer Gasversorgung; einem Befeuchter mit einem Einlass, der mit der Gasversorgung verbunden ist, und einem Auslass; einem Brennstoffzellenstapel mit einem Einlass, der mit dem Auslass des Befeuchters verbunden ist; einer Bypassleitung, die ein Ende aufweist, das zwischen der Gasversorgung und dem Befeuchter verbunden ist, und ein entgegengesetztes Ende aufweist, das zwischen dem Auslass des Befeuchters und dem Einlass des Brennstoffzellenstapels verbunden ist; und einem Ventil, das in der Bypassleitung angeordnet ist.

**Japan**

Publication Number: JP 2002343389 A (Update 200310 E)

Publication Date: 20021129

**\*\*ELECTRONIC GAS CONTROL SYSTEM FOR FUEL CELL WITH BYPASS DETOURING HUMIDIFIER\*\***

Assignee: GENERAL MOTORS CORP (GENK)

Inventor: WHEAT WILLIAM S CLINGERMAN BRUCE J HORTOP MATT K

Language: JA (8 pages)

Application: JP 2002131554 A 20020507 (Local application)

Priority: US 2001848509 A 20010503

Original IPC: H01M-8/04(A) H01M-8/10(B)

Current IPC: H01M-8/04(A) H01M-8/10(B)

**United States**

Publication Number: US 20020164509 A1 (Update 200310 B)

Publication Date: 20021107

**\*\*Electronic by-pass control of gas around the humidifier to the fuel cell stack\*\***

Assignee: Wheat, William S., Rochester, NY, US (WHEA-I) Clingerman, Bruce J., Palmyra, NY, US (CLIN-I) Hortop, Matt K., Rochester, NY, US (HORT-I)

Inventor: Wheat, William S., Rochester, NY, US Clingerman, Bruce J., Palmyra, NY, US Hortop, Matt K., Rochester, NY, US

Agent: HARNESS, DICKEY PIERCE, P.L.C., P.O. BOX 828, BLOOMFIELD HILLS, MI, US

Language: EN (10 pages, 5 drawings)

Application: US 2001848509 A 20010503 (Local application)

Original IPC: H01M-8/04(A)

Current IPC: H01M-8/04(A)

Original US Class (main): 42922

Original US Class (secondary): 42926

Original Abstract: A humidity control system for a fuel cell stack includes a gas supply and a humidifier including an outlet and an inlet connected to the gas supply. A fuel cell stack includes an inlet that is connected to the outlet of the humidifier. A bypass line and a valve bypass gas around the humidifier to control the humidity of gas entering the fuel cell stack. The valve is located in the bypass line, between the gas supply and the humidifier, or between the humidifier and the fuel cell stack. The valve is a gas restriction valve, a throttle valve, or a directional valve. A humidity sensor generates a humidity signal based on humidity of gas entering the fuel cell stack. A controller connected to the humidity sensor and the valve controls the valve based on the humidity signal. The inlet of the fuel cell stack is one of a cathode flow line and an anode flow line of the fuel cell stack.

Claim: What is claimed is: 1.\*\*1\*\*. A humidity control system for a fuel cell stack, comprising: \* a gas supply; \* a humidifier including an inlet connected to said gas supply and an outlet; \* a fuel cell stack including an inlet that is connected to said outlet of said humidifier; \* a bypass line having one end connected between said gas supply and said humidifier and an opposite end connected between said outlet of said humidifier and said inlet of said fuel cell stack; and \* a valve located in said bypass line. |US 6884534 B2 (Update 200528 E)

Publication Date: 20050426

**\*\*Electronic by-pass control of gas around the humidifier to the fuel cell stack\*\***

Assignee: General Motors Corporation, Detroit, MI, US (GENK) Wheat, William S., Rochester, NY, US Residence: US Clingerman, Bruce J., Palmyra, NY, US Residence: US Hortop, Matt K., Rochester, NY, US Residence: US

Inventor: Wheat, William S., Rochester, NY, US Residence: US Clingerman, Bruce J., Palmyra, NY, US Residence: US Hortop, Matt K., Rochester, NY, US Residence: US

Agent: Harness, Dickey Pierce, P.L.C.

Language: EN

Application: US 2001848509 A 20010503 (Local application)

Original IPC: H01M-8/04(A)

Current IPC: H01M-8/04(A)

Original US Class (main): 42924

Original US Class (secondary): 42913 42926

Original Abstract: A humidity control system for a fuel cell stack includes a gas supply and a humidifier including an outlet and an inlet connected to the gas supply. A fuel cell stack includes an inlet that is connected to the outlet of the humidifier. A bypass line and a valve bypass gas around the humidifier to control the humidity of gas entering the fuel cell stack. The valve is located in the bypass line, between the gas supply and the humidifier, or between the humidifier and the fuel cell stack. The valve is a gas restriction valve, a throttle valve, or a directional valve. A humidity sensor generates a humidity signal based on humidity of gas entering the fuel cell stack. A controller connected to the humidity sensor and the valve controls the valve based on the humidity signal. The inlet of the fuel cell stack is one of a cathode flow line and an anode flow line of the fuel cell stack.

Claim: 1.1. A humidity control system for a fuel cell stack, comprising: \* a gas supply; \* a humidifier

including an inlet connected to said gas supply and an outlet; \* a fuel cell stack including an inlet that is connected to said outlet of said humidifier; \* a bypass line having one end connected between said gas supply and said humidifier and an opposite end connected between said outlet of said humidifier and said inlet of said fuel cell stack; and \* a valve located in said bypass line, \* wherein said valve is one of a gas restriction valve and a throttle valve.

Derwent World Patents Index

© 2007 Derwent Information Ltd. All rights reserved.

Dialog® File Number 351 Accession Number 13032189



①9 **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 102 19 626 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:  
**H 01 M 8/04**

②1 Aktenzeichen: 102 19 626.5  
②2 Anmeldetag: 2. 5. 2002  
④3 Offenlegungstag: 14. 11. 2002

DE 102 19 626 A 1

③0 Unionspriorität:  
09/848,509 03. 05. 2001 US  
⑦1 Anmelder:  
General Motors Corporation, Detroit, Mich., US  
⑦4 Vertreter:  
Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80336 München

⑦2 Erfinder:  
Wheat, William S., Rochester, N.Y., US; Clingerman,  
Bruce J., Palmyra, N.Y., US; Hortop, Matt K.,  
Rochester, N.Y., US

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Elektronische Steuerung zur Umleitung von Gas um den Befeuchter zu dem Brennstoffzellenstapel

⑤7 Ein Feuchtigkeitssteuersystem für einen Brennstoffzellenstapel umfasst eine Gasversorgung und einen Befeuchter, der einen Auslass und einen Einlass umfasst, der mit der Gasversorgung verbunden ist. Ein Brennstoffzellenstapel umfasst einen Einlass, der mit dem Auslass des Befeuchters verbunden ist. Eine Bypassleitung und ein Ventil führen Gas um den Befeuchter herum, um die Befeuchtung von Gas, das in den Brennstoffzellenstapel eintritt, zu steuern. Das Ventil ist in der Bypassleitung zwischen der Gasversorgung und dem Befeuchter oder zwischen dem Befeuchter und dem Brennstoffzellenstapel angeordnet. Das Ventil ist ein Gasbegrenzungsventil, ein Drosselventil, eine Drosselklappe oder ein Wegeventil. Ein Feuchtigkeitssensor erzeugt ein Feuchtigkeitssignal auf Grundlage der Feuchtigkeit von in den Brennstoffzellenstapel eintretendem Gas. Eine Steuerung, die mit dem Feuchtigkeitssensor und dem Ventil verbunden ist, steuert das Ventil auf Grundlage des Feuchtigkeitssignals. Der Einlass des Brennstoffzellenstapels ist eine Kathodenströmungsleitung oder eine Anodenströmungsleitung des Brennstoffzellenstapels.

DE 102 19 626 A 1

## GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem und insbesondere ein System und ein Verfahren zur Steuerung der relativen Feuchtigkeit in einem Brennstoffzellenstapel/-stack.

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Brennstoffzellensysteme werden zunehmend bei einer breiten Vielzahl von Anwendungen als Energiequelle verwendet. Brennstoffzellensysteme sind auch zum Gebrauch in Fahrzeugen als Ersatz von Verbrennungsmotoren vorgeschlagen worden. Eine Festpolymerelektrolyt-Brennstoffzelle umfasst eine Membran, die zwischen einer Anode und einer Kathode schichtartig angeordnet ist. Um Elektrizität durch eine elektrochemische Reaktion zu erzeugen, wird Wasserstoff ( $H_2$ ) an die Anode und Sauerstoff ( $O_2$ ) an die Kathode geliefert. Bei einigen Systemen ist die Quelle des Wasserstoffes ein Reformat, und die Quelle des Sauerstoffes  $O_2$  ist Luft.

[0003] Bei einer ersten Halbzellenreaktion erzeugt eine Dissoziation des Wasserstoffes ( $H_2$ ) an der Anode Wasserstoffprotonen ( $H^+$ ) und Elektronen ( $e^-$ ). Die Membran ist protonenleitend und dielektrisch. Folglich werden die Protonen durch die Membran transportiert, während die Elektronen durch eine elektrische Last fließen, die über die Membran geschaltet ist. Bei einer zweiten Halbzellenreaktion reagiert Sauerstoff ( $O_2$ ) an der Kathode mit Protonen ( $H^+$ ), und Elektronen ( $e^-$ ) werden aufgenommen, um Wasser ( $H_2O$ ) zu bilden.

[0004] Um wirtschaftlich zu arbeiten und die maximale Menge an Elektrizität zu erzeugen, muss die Brennstoffzelle richtig befeuchtet werden. Um den richtigen Befeuchtungsbereich zu erreichen, werden der Wasserstoffstrom und der Sauerstoffstrom typischerweise durch eines von mehreren in der Technik bekannten Verfahren befeuchtet. Herkömmliche Befeuchtungsverfahren sind allgemein nicht dazu in der Lage, die Feuchtigkeit der Wasserstoff und der Sauerstoffströme zu der Brennstoffzelle ausreichend zu steuern. Die Lieferung von zu viel Feuchtigkeit an die Brennstoffzelle blockiert einen Zugang der reagierenden Gase zu dem Katalysator, wodurch die elektrochemische Reaktion zwischen dem Wasserstoff und dem Sauerstoff behindert und die Erzeugung von Elektrizität verringert wird. Eine Lieferung von zu wenig Feuchtigkeit an die Brennstoffzelle beschränkt oder begrenzt den Protonentransport, der für die Reaktion in der Brennstoffzelle erforderlich ist, und kann auch die Brennstoffzelle physikalisch schädigen.

[0005] Bei einigen herkömmlichen Brennstoffzellensystemen wird der Sauerstoffstrom, der an die Brennstoffzelle geliefert wird, soweit wie möglich unter Berücksichtigung der Temperatur des Sauerstoffes und des befeuchtenden Wassers befeuchtet. Diese Brennstoffzellensysteme befassen sich mit trockenem Sauerstoff, der den Brennstoffzellenstapel potentiell schädigen kann. Diese Brennstoffzellensysteme befassen sich aber nicht mit dem übermäßig feuchten Sauerstoffstrom, da dieser den Brennstoffzellenstapel nicht schädigt. Während ein Schaden verhindert wird, besitzen diese Brennstoffzellensysteme keine optimale Leistungsfähigkeit, da der übermäßig feuchte Sauerstoffstrom für die Brennstoffzellenleistungsfähigkeit nicht optimal ist. Daher besteht Bedarf nach einem Brennstoffzellensystem das sowohl einen trockenen Sauerstoffstrom zu der Brennstoffzelle als auch einen übermäßig feuchten Sauerstoffstrom zu der Brennstoffzelle verhindert.

[0006] Ein Feuchtigkeitssteuersystem für eine Brennstoffzelle gemäß der Erfindung umfasst eine Gasversorgung und einen Befeuchter. Ein Einlass des Befeuchters ist mit der Gasversorgung verbunden. Eine Brennstoffzelle umfasst einen Einlass, der mit dem Auslass des Befeuchters verbunden ist. Eine Bypassleitung und ein Ventil lenken Gas um den Befeuchter herum, um die Feuchtigkeit des Gases, das in den Einlass der Brennstoffzelle eintritt, zu steuern.

[0007] Andere Merkmale der Erfindung umfassen, dass ein Feuchtigkeitssensor ein Feuchtigkeitssignal auf Grundlage der Feuchtigkeit des Gases erzeugt, das in die Brennstoffzelle eintritt. Eine mit dem Feuchtigkeitssensor und dem Ventil verbundene Steuerung steuert das Ventil auf Grundlage des Feuchtigkeitssignals.

[0008] Noch weitere Merkmale der Erfindung umfassen, dass der Einlass der Brennstoffzelle eine Kathodenströmungsleitung oder eine Anodenströmungsleitung der Brennstoffzelle ist. Das Ventil ist in der Bypassleitung zwischen der Gasversorgung und dem Befeuchter oder zwischen dem Befeuchter und der Brennstoffzelle angeordnet. Das Ventil ist bevorzugt ein Gasbegrenzerventil (gas restriction valve), ein Drosselventil, eine Drosselklappe oder ein Wegeventil (directional valve).

[0009] Noch weitere Aufgaben, Merkmale und Vorteile werden aus der Beschreibung, den Ansprüchen und den Zeichnungen offensichtlich.

## ZEICHNUNGSKURZBESCHREIBUNG

[0010] Nachfolgend wird die vorliegende Erfindung nur beispielhaft unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben, in welchen:

[0011] Fig. 1 einen Querschnitt einer Membranelektrodenanordnung einer beispielhaften Brennstoffzelle zeigt;

[0012] Fig. 2 ein schematisches Blockdiagramm ist, das ein Feuchtigkeitssteuersystem für einen Brennstoffzellenstapel nach dem Stand der Technik zeigt;

[0013] Fig. 3 ein schematisches Blockdiagramm ist, das ein erstes Feuchtigkeitssteuersystem für einen Brennstoffzellenstapel zeigt, das eine Bypassleitung mit einem in der Bypassleitung angeordneten Ventil umfasst;

[0014] Fig. 4A ein schematisches Blockdiagramm ist, das ein zweites Feuchtigkeitssteuersystem für einen Brennstoffzellenstapel zeigt, das ein zwischen der Gasversorgung und dem Befeuchter angeordnetes Ventil umfasst;

[0015] Fig. 4B ein schematisches Blockdiagramm ist, das ein drittes Feuchtigkeitssteuersystem für einen Brennstoffzellenstapel zeigt, das ein zwischen dem Befeuchter und dem Feuchtigkeitssensor angeordnetes Ventil umfasst;

[0016] Fig. 5A ein schematisches Blockdiagramm ist, das ein viertes Feuchtigkeitssteuersystem für einen Brennstoffzellenstapel zeigt, das ein zwischen der Gasversorgung und dem Befeuchter angeordnetes Ventil umfasst; und

[0017] Fig. 5B ein schematisches Blockdiagramm ist, das ein fünftes Feuchtigkeitssteuersystem für einen Brennstoffzellenstapel zeigt, das ein zwischen dem Befeuchter und dem Feuchtigkeitssensor angeordnetes Ventil umfasst.

## DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORM

[0018] Die nachfolgende detaillierte Beschreibung sieht nur bevorzugte beispielhafte Ausführungsformen vor und ist nicht dazu bestimmt, den Schutzbereich, die Anwendbarkeit oder die Konfiguration der vorliegenden Erfindung zu beschränken. Vielmehr bildet die nachfolgende detaillierte Be-

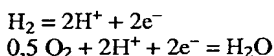
schreibung der bevorzugten beispielhaften Ausführungsformen für Fachleute eine Anleitung zur Ausführung der bevorzugten beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. Es sei zu verstehen, dass verschiedene Änderungen bezüglich der Funktion und Anordnung der Elemente ohne Abweichung vom Schutzbereich der Erfindung, der u. a. in den angefügten Ansprüchen beschrieben ist, durchgeführt werden können.

[0019] Das Feuchtigkeitssteuersystem der vorliegenden Erfindung verwendet eine Bypassleitung und ein Ventil, um Gas um den Befeuchter herum umzulenken. Die Umlenkung von mehr Gas verringert die Feuchtigkeit des Gases. Die Umlenkung von weniger Gas erhöht die Feuchtigkeit des Gases. Das Feuchtigkeitssteuersystem kann die Feuchtigkeit einer einzelnen Brennstoffzelle oder eines Brennstoffzellenstapels einstellen. Das Gas ist Wasserstoff oder Reformat, das an eine Anodenströmungsleitung geliefert wird, oder Luft oder Sauerstoff, der an eine Kathodenströmungsleitung geliefert wird.

[0020] In Fig. 1 ist ein Querschnitt einer Brennstoffzellenanordnung 10 gezeigt, die eine Membranelektrodenanordnung (MEA) 12 umfasst. Bevorzugt ist die Membranelektrodenanordnung eine Protonenaustauschmembran (PEM). Die MEA 12 umfasst eine Membran 14, eine Kathode 16 und eine Anode 18. Die Membran 14 ist zwischen einer inneren Fläche der Kathode 16 und einer inneren Fläche der Anode 18 schichtartig angeordnet.

[0021] Ein Kathodendiffusionsmedium 20 ist benachbart einer Außenfläche der Kathode 16 angeordnet. Ein Anodendiffusionsmedium 24 ist benachbart einer Außenfläche der Anode 18 angeordnet. Die Brennstoffzellenanordnung 10 umfasst ferner eine Kathodenströmungsleitung 26 und eine Anodenströmungsleitung 28. Die Kathodenströmungsleitung 26 empfängt und lenkt Sauerstoff (O<sub>2</sub>) oder Luft von einer Quelle an das Kathodendiffusionsmedium 20. Die Anodenströmungsleitung 28 empfängt und lenkt Wasserstoff (H<sub>2</sub>) oder Reformat von einer Quelle an das Anodendiffusionsmedium 24. Zur Vereinfachung bezieht sich die verbleibende Beschreibung auf Wasserstoff (H<sub>2</sub>) und Sauerstoff (O<sub>2</sub>). Fachleuten ist es bekannt, dass auch Reformat und Luft verwendet werden können.

[0022] In der Brennstoffzellenanordnung 10 ist die Membran 14 eine für Kationen permeable, protonenleitfähige Membran mit H<sup>+</sup>-Ionen als dem mobilen Ion. Das Brennstoffgas ist Wasserstoff (H<sub>2</sub>), und das Oxidationsmittel ist Sauerstoff (O<sub>2</sub>). Die Gesamtzellenreaktion ist die Oxidation von Wasserstoff zu Wasser, und die jeweiligen Reaktionen an der Anode 18 und der Kathode 16 sind wie folgt:



[0023] Da Wasserstoff als das Brennstoffgas verwendet wird, ist das Produkt der Gesamtzellenreaktion Wasser. Typischerweise wird das Wasser, das erzeugt wird, an der Kathode 16 abgegeben, die eine poröse Elektrode mit einer Elektrokatalysatorlage auf der Sauerstoffseite ist. Das Wasser kann gesammelt werden, wenn es gebildet wird, und von der MEA 12 der Brennstoffzellenanordnung 10 auf eine beliebige herkömmliche Art und Weise weggeführt werden. Die Zellenreaktion erzeugt einen Protonenaustausch in einer Richtung von dem Anodendiffusionsmedium 24 zu dem Kathodendiffusionsmedium 20. Auf diese Art und Weise erzeugt die Brennstoffzellenanordnung 10 Elektrizität. Eine elektrische Last 30 ist elektrisch über die MEA 12 mit einer Platte 32 und einer Platte 34 verbunden. Wenn die Platten 32 und 34 benachbart einer anderen Brennstoffzelle angeordnet sind, sind die Platten 32 und/oder 34 bipolar.

[0024] Wenn keine andere Brennstoffzelle benachbart angeordnet ist, sind die Platten 32 und/oder 34 Endplatten.

[0025] Um wirksam zu arbeiten und die maximale Menge an Elektrizität zu erzeugen, muss die Brennstoffzellenanordnung 10 richtig befeuchtet werden. Typischerweise werden der Sauerstoffstrom, der an die Kathodenströmungsleitung 26 geliefert wird, und/oder der Wasserstoffstrom, der an die Anodenströmungsleitung 28 geliefert wird, auf eine von mehreren verschiedenen, in der Technik bekannten Arten befeuchtet. Bei einer gängigen Methode werden die Anoden- und/oder Kathodengase zu einem Membranbefeuchter geführt, bevor sie zu der Brennstoffzelle geführt werden. Der Befeuchter kann entweder außerhalb der Brennstoffzelle angeordnet sein oder er kann einen Abschnitt in den Brennstoffzellenstapel umfassen. Bei einer anderen Methode kann die Brennstoffzelle auch über Verwendung von wassersaugenden Materialien (Dochtwirkung) befeuchtet werden, wie in dem U. S. Patent Nr. 5,935,725 und dem U. S. Patent Nr. 5,952,119 offenbart ist, die hier durch Bezugnahme eingeschlossen sind und die Wasser von einem Reservoir zu der MEA 12 führen. Alternativ dazu kann Dampf oder ein Nebel aus Wasser (H<sub>2</sub>O) in sowohl den Kathodenstrom als auch den Anodenstrom zugeführt werden, um diese oberstromig oder innerhalb des Brennstoffzellenstapels zu befeuchten. Bei einer noch weiteren Methode kann ein Sauerstoffstrom in den Wasserstoffstrom oberstromig der Anodenströmungsleitung 28 zugeführt werden, um mit einer kleinen Menge an Wasserstoff zu reagieren und Wasser zu erzeugen, das den Wasserstoffstrom befeuchtet. Ähnlicherweise kann ein Wasserstoffstrom in den Sauerstoffstrom zugeführt werden, um Wasser zu erzeugen, das den Sauerstoffstrom befeuchtet.

[0026] In Fig. 2 ist das Feuchtigkeitssteuersystem 50 nach dem Stand der Technik gezeigt, das einen Befeuchter 54 umfasst, der Gas befeuchtet, das zu der Kathodenströmungsleitung 26 und/oder der Anodenströmungsleitung 28 des Brennstoffzellenstapels 56 strömt. Ein Gasauslass 58 des Brennstoffzellenstapels kann eine Strömungsleitung zu einem Brenner (nicht gezeigt) oder anderen Vorrichtungen sein. Der Befeuchter 54 erhöht die Feuchtigkeit des Gases, wie beispielsweise Luft, Sauerstoff, Wasserstoff oder Reformat, das durch eine Gasversorgung 60 geliefert wird. Gas wird typischerweise durch einen Kompressor (nicht gezeigt) an die Gasversorgung 60 geliefert. Während das Feuchtigkeitssteuersystem 50 verhindert, dass trockenes Gas den Einlass des Brennstoffzellenstapels 56 erreicht, neigt das Feuchtigkeitssteuersystem 50 dazu, einen übermäßig befeuchteten Gasstrom vorzusehen, der die Leistungsfähigkeit des Brennstoffzellenstapels 56 verringert.

[0027] Es wird nun auf Fig. 3 Bezug genommen, bei der Bezugszeichen von Fig. 2 dort verwendet sind, wo es geeignet erschien, gleiche Elemente zu bezeichnen. Ein Feuchtigkeitssteuersystem 75 gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst ferner einen Feuchtigkeitssensor 78, der die relative Feuchtigkeit von den Befeuchter 54 verlassendem Gas misst. Bevorzugt ist der Feuchtigkeitssensor 78 ein X112428-GT, der von Honeywell vertrieben wird. Es können auch andere Typen von Feuchtsensoren verwendet werden. Der Feuchtigkeitssensor 78 könnte ein virtueller Sensor (Software, keine Hardware) sein. Wenn die Stapelleistungsfähigkeit dadurch gekennzeichnet werden kann, dass eine ankommende Gasfeuchtigkeit vorhergesagt werden kann, könnte die Feuchtigkeit berechnet anstatt direkt gemessen werden. Das Feuchtigkeitssteuersystem 75 kann dazu verwendet werden, die Feuchtigkeit von Luft oder Sauerstoff zu der Kathodenströmungsleitung 26 oder Wasserstoff oder Reformat zu der Anodenströmungsleitung 28 zu steuern. Der Gasbypass umfasst eine Bypassleitung 80 mit einem

Ende, das mit einem Ventil **84** verbunden ist. Ein entgegengesetztes Ende der Bypassleitung **80** ist zwischen die Gasversorgung **60** und den Einlass des Befeuchters **54** geschaltet. Das Ventil **84** ist auch mit einem Ende einer Bypassleitung **86** verbunden. Ein entgegengesetztes Ende der Bypassleitung **86** ist zwischen den Auslass des Befeuchters **54** und den Feuchtigkeitssensor **78** geschaltet. Eine Feuchtigkeitssteuerung **90** ist mit dem Feuchtigkeitssensor **78** und dem Ventil **84** verbunden. Die Feuchtigkeitssteuerung **90** kann eine elektronische Schaltung, die die Stellung des Ventils **84** auf Grundlage des Feuchtigkeitssignals variiert, eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC), eine außerhalb des Gehäuses angeordnete Steuerung, auf der Software läuft, oder eine beliebige andere geeignete Steuerung sein. Bevorzugt ist das Ventil **84** ein Gasbegrenzerventil. Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist das Ventil **84** ähnlich einer herkömmlichen Drosselklappe (throttle valve) ausgebildet, die bei Verbrennungsmotoren verwendet wird.

[0028] Wenn die Feuchtigkeit, die durch den Feuchtigkeitssensor **78** erfasst wird, ein erstes vorbestimmtes Niveau überschreitet oder unter ein zweites vorbestimmtes Niveau abfällt, wird der Anteil des Gases, der umgeleitet wird, unter Verwendung des Gasbypasses/der Gasumleitung variiert. Durch Steuerung des Ventiles **84** kann die Menge an Gas, die umgeleitet wird, gesteuert werden. Das Verfahren zur Steuerung ist abhängig von der Größe der Leitungen, den Eigenschaften des Befeuchters **54** und den Eigenschaften des Ventils **84**. Im Allgemeinen wird, je länger oder weiter das Ventil **84** offen ist, umso mehr Gas um den Befeuchter **54** herum umgeleitet und nicht befeuchtet. Durch Verwendung von seriengefertigten, hochentwickelten Gasbegrenzer- oder Drosselventilen bzw. Drosselklappen, wie sie beispielsweise in Verbrennungsmotoren verwendet werden, ist das Feuchtigkeitssteuersystem **75** weniger teuer und zuverlässiger. Zusätzlich ermöglicht eine Anordnung des Ventils **84** in dem Gasbypass einen ausfall-/betriebssicheren Betrieb. Mit anderen Worten strömt, wenn das Ventil **84** zu Schaden kommt, Gas durch den Befeuchter **54**. Während ein trockener Gasstrom für den Brennstoffzellenstapel **56** gefährlich ist, verringert ein übermäßig befeuchteter Gasstrom zwar die Systemleistungsfähigkeit, ist aber für den Brennstoffzellenstapel **56** nicht schädlich.

[0029] Es wird nun auf Fig. 4A Bezug genommen, bei der Bezugszeichen von Fig. 3 dort verwendet sind, wo es geeignet erschien, gleiche Elemente zu bezeichnen. Es ist ein alternatives Feuchtigkeitssteuersystem **98** für den Brennstoffzellenstapel **56** gezeigt. Ein Ventil **100** ist zwischen der Gasversorgung **60** und dem Einlass des Befeuchters **54** positioniert. Bevorzugt ist das Ventil **100** ein Wegeventil. Ein Ende einer Bypassleitung **104** ist mit dem Ventil **100** verbunden. Ein entgegengesetztes Ende der Bypassleitung **104** ist zwischen den Befeuchter **54** und den Feuchtigkeitssensor **78** geschaltet. Die Steuerung **90** ist mit dem Feuchtigkeitssensor **78** und dem Ventil **100** verbunden. Das Betriebsprinzip des alternativen Feuchtigkeitssteuersystems **98** ist ähnlich zu dem, das oben in Verbindung mit Fig. 3 beschrieben ist. Jedoch lenkt anstelle einer Begrenzung der Gasströmung das Ventil **100** Luft zwischen zwei verschiedenen Wegen. Ein Weg verläuft durch den Befeuchter **54**, den Feuchtigkeitssensor **78** und den Brennstoffzellenstapel **56**. Ein anderer Weg verläuft um den Befeuchter **54** herum und durch den Feuchtigkeitssensor **78** und den Brennstoffzellenstapel **56**. Durch Steuerung der Menge an Gas, das in den beiden Wegen strömt, wird die Feuchtigkeit des Gases gesteuert.

[0030] Es wird nun auf Fig. 4B Bezug genommen, bei der Bezugszeichen von Fig. 4A dort verwendet sind, wo es geeignet erschien, gleiche Elemente zu bezeichnen. Es ist ein

alternatives Feuchtigkeitssteuersystem **110** für den Brennstoffzellenstapel **56** gezeigt. Das Ventil **100** ist zwischen dem Befeuchter **54** und dem Feuchtigkeitssensor **78** positioniert. Ein Ende einer Bypassleitung **114** ist mit dem Ventil **100** verbunden. Ein entgegengesetztes Ende der Bypassleitung **114** ist zwischen die Gasversorgung **60** und den Einlass des Befeuchters **54** geschaltet. Die Steuerung **90** ist mit dem Feuchtigkeitssensor **78** und dem Ventil **100** verbunden. Das Betriebsprinzip des alternativen Feuchtigkeitssteuersystems **110** ist ähnlich zu dem, das oben in Verbindung mit Fig. 4A beschrieben ist.

[0031] Es wird nun auf Fig. 5A Bezug genommen, bei der Bezugszeichen von Fig. 3 dort verwendet sind, wo es geeignet erschien, gleiche Elemente zu bezeichnen. Es ist ein alternatives Feuchtigkeitssteuersystem **120** für den Brennstoffzellenstapel **56** gezeigt. Das Ventil **84** ist zwischen der Gasversorgung **60** und dem Einlass des Befeuchters **54** positioniert. Ein Ende einer Bypassleitung **124** ist zwischen die Gasversorgung **60** und das Ventil **84** geschaltet. Ein entgegengesetztes Ende der Bypassleitung **124** ist zwischen den Auslass des Befeuchters **54** und den Feuchtigkeitssensor **78** geschaltet. Die Steuerung **90** ist mit dem Feuchtigkeitssensor **78** und dem Ventil **84** verbunden. Das Betriebsprinzip des alternativen Feuchtigkeitssteuersystems **120** ist ähnlich zu dem, das oben in Verbindung mit Fig. 3 beschrieben ist.

[0032] Es wird nun auf Fig. 5B Bezug genommen, bei der Bezugszeichen von Fig. 3 dort verwendet sind, wo es geeignet erschien, gleiche Elemente zu bezeichnen. Es ist ein alternatives Feuchtigkeitssteuersystem **130** für den Brennstoffzellenstapel **56** gezeigt. Das Ventil **84** ist zwischen dem Auslass des Befeuchters **54** und dem Feuchtigkeitssensor **78** positioniert. Ein Ende einer Bypassleitung **134** ist zwischen die Gasversorgung **60** und den Einlass des Befeuchters **54** geschaltet. Ein entgegengesetztes Ende der Bypassleitung **134** ist zwischen das Ventil **84** und den Feuchtigkeitssensor **78** geschaltet. Die Steuerung **90** ist mit dem Feuchtigkeitssensor **78** und dem Ventil **84** verbunden. Das Betriebsprinzip des alternativen Feuchtigkeitssteuersystems **130** ist ähnlich zu dem, das oben in Verbindung mit Fig. 3 beschrieben ist.

[0033] Die Verwendung der Bypassleitungen und Ventile gemäß der vorliegenden Erfindung, um die Feuchtigkeit von Gas, das an die Anoden- und Kathodenströmungsleitungen geliefert wird, zu variieren, sieht viele signifikante Vorteile vor. Eine Umleitung von Gas um den Befeuchter herum sieht eine aktive Steuerung über die relativen Feuchtigkeitsniveaus der Gase vor. Eine Steuerung der Befeuchtung verringert die Menge an Zusatzwasser, das überall in dem Brennstoffzellensystem erforderlich ist. Das Feuchtigkeitssteuersystem gemäß der Erfindung erlaubt einen kleineren Kühler zur Steuerung von Feuchtigkeitsniveaus. Mit anderen Worten, das Brennstoffzellensystem muss wasserneutral sein. Durch übermäßiges Befeuchten der Gasströmung muss mehr Wasser unter Verwendung von Kondensatoren rückgewonnen werden. Um mehr Wasser zu kondensieren, absorbiert mehr Fahrzeugkühlmittel mehr Energie an den Kondensatoren. Das Fahrzeugkühlmittel muss daher auch mehr Energie an dem Kühler abgeben. Als Ergebnis ist ein größerer Kühler erforderlich.

[0034] Eine Umgehung des Befeuchters sieht auch eine niedrigere Änderung des Druckes (pP) vor, als ansonsten erwartet würde. Niedrigere Strömungsraten durch den Befeuchter erlauben niedrigere Arbeitsdrücke. Durch den niedrigeren pP wird eine Flexibilität bei der Konstruktion des Befeuchters zugelassen. Diese Flexibilität resultiert allgemein in kleineren und kostengünstigeren Befeuchtern.

[0035] Zusammengefasst umfasst ein Feuchtigkeitssteuersystem für einen Brennstoffzellenstapel eine Gasversor-

gung und einen Befeuchter, der einen Auslass und einen Einlass umfasst, der mit der Gasversorgung verbunden ist. Ein Brennstoffzellenstapel umfasst einen Einlass, der mit dem Auslass des Befeuchters verbunden ist. Eine Bypassleitung und ein Ventil führen Gas um den Befeuchter herum, um die Befeuchtung von Gas, das in den Brennstoffzellenstapel eintritt, zu steuern. Das Ventil ist in der Bypassleitung zwischen der Gasversorgung und dem Befeuchter oder zwischen dem Befeuchter und dem Brennstoffzellenstapel angeordnet. Das Ventil ist ein Gasbegrenzerventil, ein Drosselventil, eine Drosselklappe oder ein Wegeventil. Ein Feuchtigkeitssensor erzeugt ein Feuchtigkeitssignal auf Grundlage der Feuchtigkeit von in den Brennstoffzellenstapel eintretendem Gas. Eine Steuerung, die mit dem Feuchtigkeitssensor und dem Ventil verbunden ist, steuert das Ventil auf Grundlage des Feuchtigkeitssignals. Der Einlass des Brennstoffzellenstapels ist eine Kathodenströmungsleitung oder eine Anodenströmungsleitung des Brennstoffzellenstapels.

## Patentansprüche

1. Feuchtigkeitsteuersystem für einen Brennstoffzellenstapel mit:  
einer Gasversorgung;  
einem Befeuchter mit einem Einlass, der mit der Gasversorgung verbunden ist, und einem Auslass;  
einem Brennstoffzellenstapel mit einem Einlass, der mit dem Auslass des Befeuchters verbunden ist;  
einer Bypassleitung, die ein Ende aufweist, das zwischen der Gasversorgung und dem Befeuchter verbunden ist, und ein entgegengesetztes Ende aufweist, das zwischen dem Auslass des Befeuchters und dem Einlass des Brennstoffzellenstapels verbunden ist; und  
einem Ventil, das in der Bypassleitung angeordnet ist.
2. Feuchtigkeitsteuersystem nach Anspruch 1, wobei das Ventil ein Gasbegrenzerventil oder ein Drosselventil, insbesondere eine Drosselklappe ist.
3. Feuchtigkeitsteuersystem nach Anspruch 1, wobei das Ventil die Menge an Gas steuert, die von der Gasversorgung durch den Befeuchter zu dem Brennstoffzellenstapel und durch die Bypassleitung zu dem Brennstoffzellenstapel strömt.
4. Feuchtigkeitsteuersystem nach Anspruch 1, ferner mit:  
einem Feuchtigkeitssensor zur Erzeugung eines Feuchtigkeitssignals auf Grundlage der Feuchtigkeit von in den Brennstoffzellenstapel eintretendem Gas; und  
einer Steuerung, die mit dem Feuchtigkeitssensor und dem Ventil verbunden ist, um das Ventil auf Grundlage des Feuchtigkeitssignals zu steuern.
5. Feuchtigkeitsteuersystem nach Anspruch 1, wobei der Einlass des Brennstoffzellenstapels eine Kathodenströmungsleitung oder eine Anodenströmungsleitung des Brennstoffzellenstapels ist.
6. Feuchtigkeitsteuersystem für einen Brennstoffzellenstapel, mit:  
einer Gasversorgung;  
einem Befeuchter mit einem Einlass, der mit der Gasversorgung verbunden ist, und einem Auslass;  
einem Brennstoffzellenstapel mit einem Einlass, der mit dem Auslass des Befeuchters verbunden ist;  
einem Ventil, das zwischen der Gasversorgung und dem Einlass des Befeuchters angeordnet ist; und  
einer Bypassleitung, die ein Ende aufweist, das mit dem Ventil verbunden ist, und ein entgegengesetztes Ende aufweist, das zwischen dem Auslass des Befeuchters und dem Einlass des Brennstoffzellenstapels verbunden ist.

7. Feuchtigkeitsteuersystem nach Anspruch 6, wobei das Ventil ein Wegeventil ist.
8. Feuchtigkeitsteuersystem nach Anspruch 6, wobei das Ventil die Menge an Gas steuert, die von der Gasversorgung durch den Befeuchter zu dem Brennstoffzellenstapel und durch die Bypassleitung zu dem Brennstoffzellenstapel strömt.
9. Feuchtigkeitsteuersystem nach Anspruch 6, ferner mit:  
einem Feuchtigkeitssensor zur Erzeugung eines Feuchtigkeitssignals auf Grundlage der Feuchtigkeit von in den Brennstoffzellenstapel eintretendem Gas; und  
einer Steuerung, die mit dem Feuchtigkeitssensor und dem Ventil verbunden ist, um das Ventil auf Grundlage des Feuchtigkeitssignals zu steuern.
10. Feuchtigkeitsteuersystem nach Anspruch 6, wobei der Einlass des Brennstoffzellenstapels eine Kathodenströmungsleitung oder eine Anodenströmungsleitung des Brennstoffzellenstapels ist.
11. Feuchtigkeitsteuersystem für einen Brennstoffzellenstapel, mit:  
einer Gasversorgung;  
einem Befeuchter mit einem Einlass, der mit der Gasversorgung verbunden ist, und einem Auslass;  
einem Brennstoffzellenstapel mit einem Einlass, der mit dem Auslass des Befeuchters verbunden ist;  
einem Ventil, das zwischen dem Auslass des Befeuchters und dem Einlass des Brennstoffzellenstapels angeordnet ist; und  
einer Bypassleitung, die ein Ende aufweist, das mit dem Ventil verbunden ist, und ein entgegengesetztes Ende aufweist, das zwischen der Gasversorgung und dem Einlass des Befeuchters verbunden ist.
12. Feuchtigkeitsteuersystem nach Anspruch 11, wobei das Ventil ein Wegeventil ist.
13. Feuchtigkeitsteuersystem nach Anspruch 11, wobei das Ventil die Menge an Gas steuert, die von der Gasversorgung durch den Befeuchter zu dem Brennstoffzellenstapel und durch die Bypassleitung zu dem Brennstoffzellenstapel strömt.
14. Feuchtigkeitsteuersystem nach Anspruch 11, ferner mit:  
einem Feuchtigkeitssensor zur Erzeugung eines Feuchtigkeitssignals auf Grundlage der Feuchtigkeit von in den Brennstoffzellenstapel eintretendem Gas; und  
einer Steuerung, die mit dem Feuchtigkeitssensor und dem Ventil verbunden ist, um das Ventil auf Grundlage des Feuchtigkeitssignals zu steuern.
15. Feuchtigkeitsteuersystem nach Anspruch 11, wobei der Einlass des Brennstoffzellenstapels eine Kathodenströmungsleitung oder eine Anodenströmungsleitung des Brennstoffzellenstapels ist.
16. Feuchtigkeitsteuersystem für einen Brennstoffzellenstapel, mit:  
einer Gasversorgung;  
einem Befeuchter mit einem Einlass, der mit der Gasversorgung verbunden ist, und einem Auslass;  
einem Brennstoffzellenstapel mit einem zweiten Einlass, der mit dem Auslass des Befeuchters verbunden ist;  
einem Ventil, das zwischen der Gasversorgung und dem Einlass des Befeuchters angeordnet ist; und  
einer Bypassleitung, die ein Ende aufweist, das zwischen der Gasversorgung und dem Ventil verbunden ist, und ein entgegengesetztes Ende aufweist, das zwischen dem Auslass des Befeuchters und dem Einlass des Brennstoffzellenstapels verbunden ist.
17. Feuchtigkeitsteuersystem nach Anspruch 16, wo-

bei das Ventil ein Begrenzerventil oder ein Drosselventil, insbesondere eine Drosselklappe ist.

18. Feuchtigkeitssteuersystem nach Anspruch 16, wobei das Ventil die Menge an Gas steuert, die von der Gasversorgung durch den Befeuchter zu dem Brennstoffzellenstapel und durch die Bypassleitung zu dem Brennstoffzellenstapel strömt. 5

19. Feuchtigkeitssteuersystem nach Anspruch 16, ferner mit:

einem Feuchtigkeitssensor zur Erzeugung eines Feuchtigkeitssignals auf Grundlage der Feuchtigkeit von in den Brennstoffzellenstapel eintretendem Gas; und einer Steuerung, die mit dem Feuchtigkeitssensor und dem Ventil verbunden ist, um das Ventil auf Grundlage des Feuchtigkeitssignals zu steuern. 10 15

20. Feuchtigkeitssteuersystem nach Anspruch 16, wobei der Einlass des Brennstoffzellenstapels eine Kathodenströmungsleitung oder eine Anodenströmungsleitung des Brennstoffzellenstapels ist.

21. Feuchtigkeitssteuersystem für einen Brennstoffzellenstapel, mit:

einer Gasversorgung;

einem Befeuchter mit einem Einlass, der mit der Gasversorgung verbunden ist, und einem Auslass;

einem Brennstoffzellenstapel mit einem Einlass, der mit dem Auslass des Befeuchters verbunden ist; 25

einem Ventil, das zwischen dem Auslass des Befeuchters und dem Einlass des Brennstoffzellenstapels angeordnet ist; und

einer Bypassleitung, die ein Ende aufweist, das zwischen dem Ventil und dem Einlass des Brennstoffzellenstapels verbunden ist, und ein entgegengesetztes Ende aufweist, das zwischen der Gasversorgung und dem Einlass des Befeuchters verbunden ist. 30

22. Feuchtigkeitssteuersystem nach Anspruch 21, wobei das Ventil ein Gasbegrenzerventil oder ein Drosselventil, insbesondere eine Drosselklappe ist. 35

23. Feuchtigkeitssteuersystem nach Anspruch 21, wobei das Ventil die Menge an Gas steuert, die von der Gasversorgung durch den Befeuchter zu dem Brennstoffzellenstapel und durch die Bypassleitung zu dem Brennstoffzellenstapel strömt. 40

24. Feuchtigkeitssteuersystem nach Anspruch 21, ferner mit:

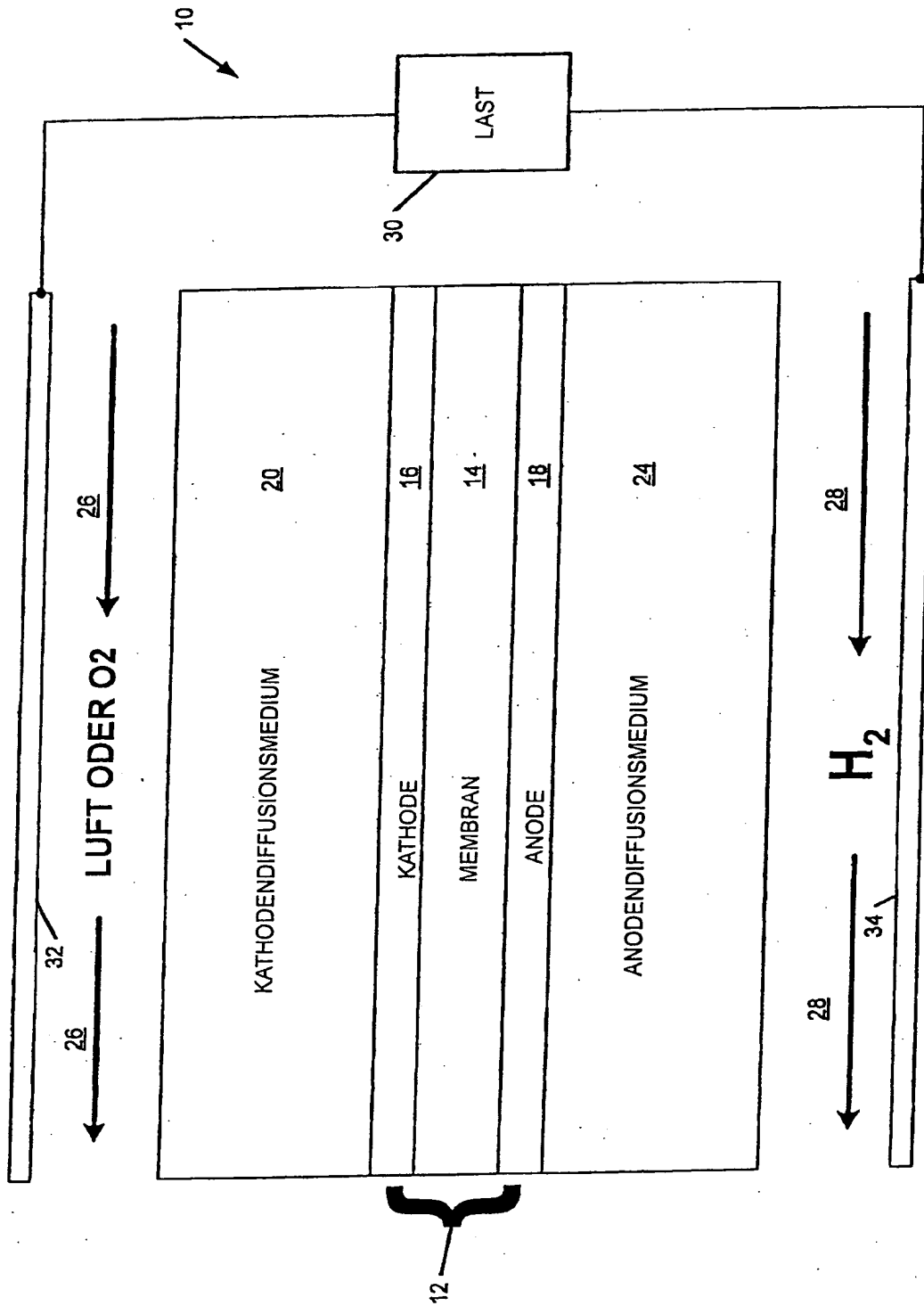
einem Feuchtigkeitssensor zur Erzeugung eines Feuchtigkeitssignals auf Grundlage der Feuchtigkeit von in den Brennstoffzellenstapel eintretendem Gas; und einer Steuerung, die mit dem Feuchtigkeitssensor und dem Ventil verbunden ist, um das Ventil auf Grundlage des Feuchtigkeitssignals zu steuern. 45 50

25. Feuchtigkeitssteuersystem nach Anspruch 21, wobei der Einlass des Brennstoffzellenstapels eine Kathodenströmungsleitung oder eine Anodenströmungsleitung des Brennstoffzellenstapels ist. 55

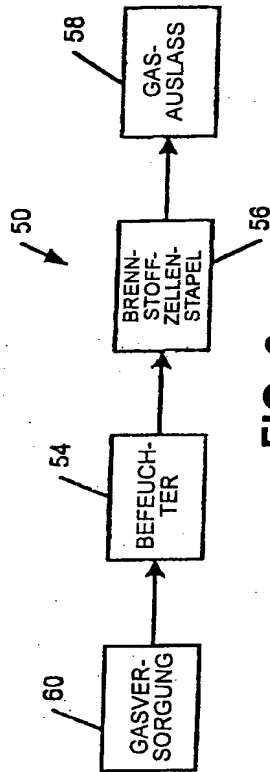
---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

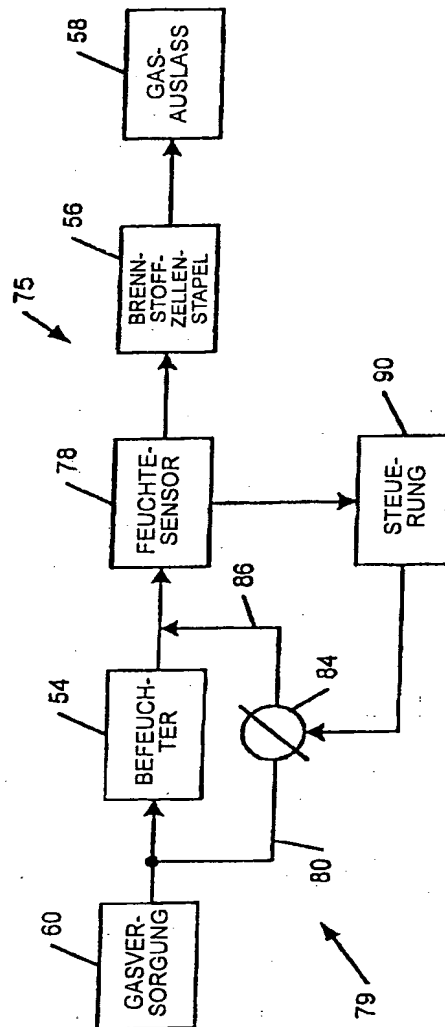


**FIG. 1**

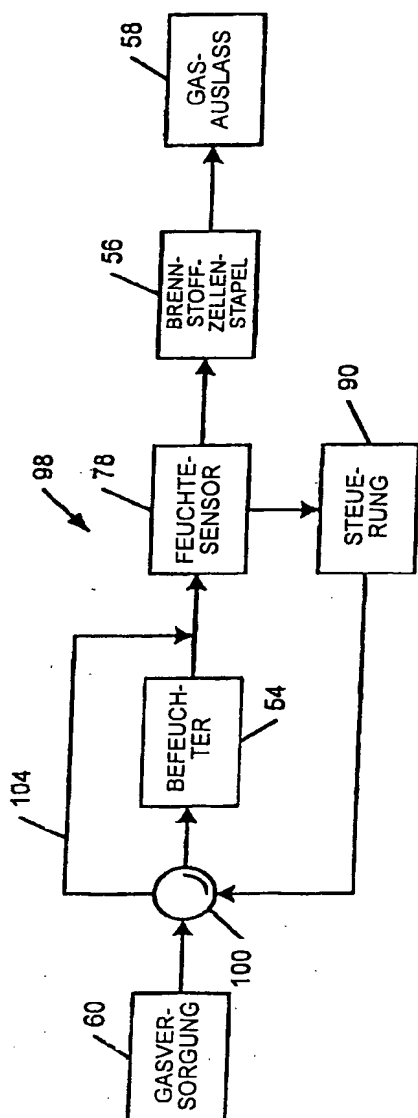


**FIG. 2**

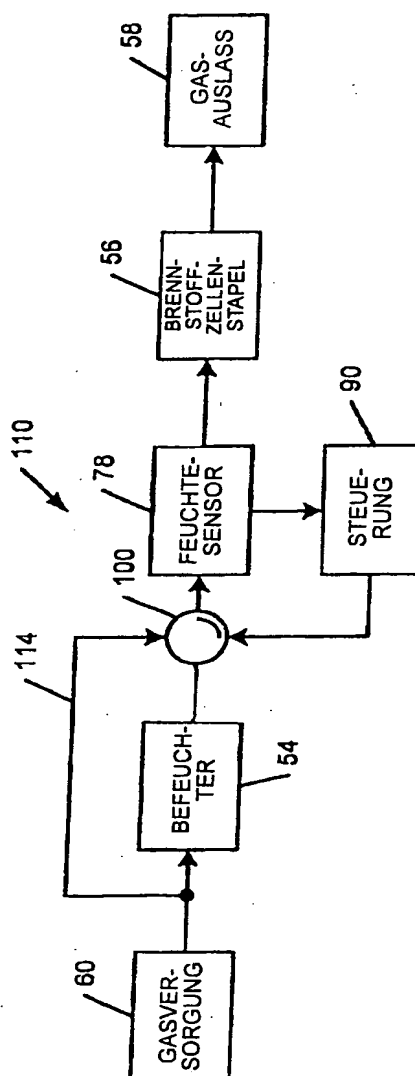
STAND DER TECHNIK



**FIG. 3**



**FIG. 4A**



**FIG. 4B**

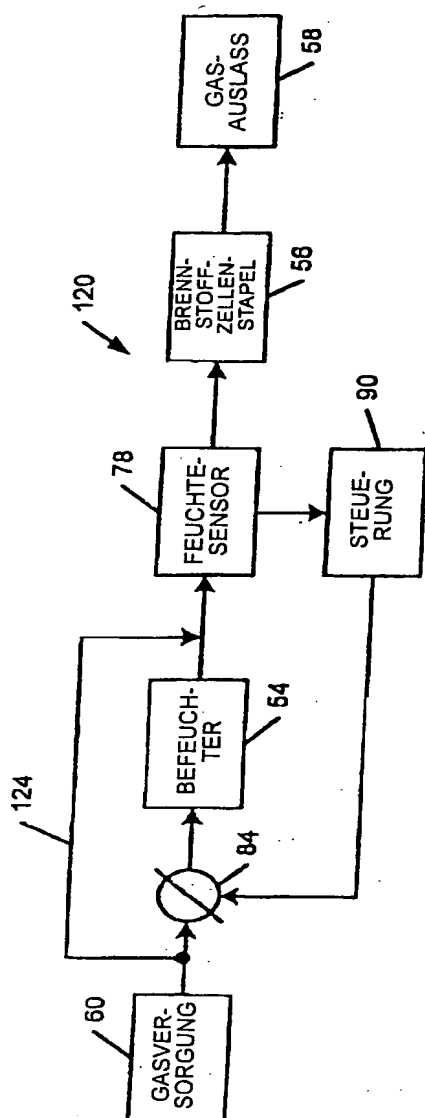


FIG. 5A

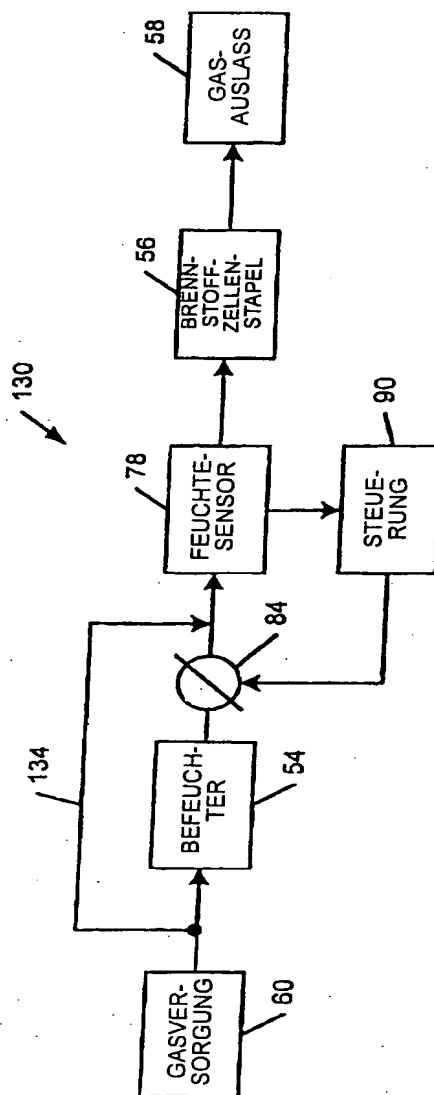


FIG. 5B